

ESTOQUE DE CARBONO EM ÁREA DE PASTAGENS EM RESTAURAÇÃO COM ESPÉCIES FLORESTAIS DO BIOMA MATA ATLÂNTICA NO LITORAL DO PARANÁ

Ricardo Aguiar Borges¹, Augusto Venicius Possa Borges², Eduardo Abilhoa Mattar³, Luiz Henrique Schaffer⁴, Alessandro Camargo Angelo⁵, Antonio Aparecido Carpanezi⁶, Edinelson José Maciel Neves⁷, Ricardo Miranda de Brites⁸

¹Graduando em Engenharia Florestal – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil – ricardoaguiarborges@gmail.com

²Graduando em Engenharia Florestal – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil – luizhschaffer@gmail.com

³Graduando em Engenharia Florestal – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil – guto.possa@gmail.com

⁴Graduando em Engenharia Florestal – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil – eduardoabilhoamattar@gmail.com

⁵Engenheiro Florestal, Professor Dr. em Ciências Biológicas – Departamento de Ciências Florestais – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil – alessandrocangelo@gmail.com

⁶Engenheiro Florestal, Dr. em Ciências Biológicas (Biologia Vegetal) – Embrapa Florestas, Colombo, Paraná, Brasil - antonio.carpanezi@embrapa.br

⁷Engenheiro Florestal, Dr. em Engenharia Florestal – Embrapa Florestas, Colombo, Paraná, Brasil – edinelson.neves@embrapa.br

⁸Biólogo, Dr. em Engenharia Florestal – Curitiba, Paraná, Brasil - rmbrites@gmail.com

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo quantificar o estoque de carbono acumulado acima do solo em diferentes tipos de talhões facilitadores e avaliar quais de suas espécies componentes são mais eficientes no sequestro de carbono. O trabalho foi desenvolvido na Reserva da Guaricica, pertencente à Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental (SPVS), no município de Antonina-PR, em uma área de pastagem em restauração na planície aluvial. A restauração foi implantada em 2005. O delineamento estatístico usado foi de blocos ao acaso com parcelas de 0,3 ha e três repetições. As espécies utilizadas na restauração foram: *Senna multijuga* (aleluia); *Myrsine coriacea* (capororoca); *Schizolobium parahyba* (guapuruvu); *Inga marginata* (ingá-feijão), *Inga edulis* (ingá-vermelho) e *Cytherexylum myrianthum* (jacataúva). Foram plantadas no espaçamento de 2,5 m na entrelinha e 1,6 m na linha. Foram implantados quatro tratamentos onde alteravam-se as proporções de cada espécie. Foram avaliadas todas as árvores vivas plantadas no experimento sendo medidas a altura (H, em m) com auxílio de uma haste de referência, e circunferência à altura do peito (CAP, em cm) com fita métrica. Foi calculado a biomassa estocada acima do solo no experimento e a partir dela os valores de carbono. As médias dos tratamentos foram comparadas por meio de análise de variância. Concluiu-se que não houve diferença significativa entre as médias dos tratamentos. Cada espécie influenciou o estoque de carbono de forma diferente. A espécie com maior contribuição foi o *Inga edulis*, que apresentou média de 22,28 kg de carbono por indivíduo, enquanto o *Schizolobium parahyba* foi a que menos contribuiu 2,5 kg de carbono por indivíduo, em média. Ao se comparar com situações similares em estudos realizados nestas unidades de conservação, os resultados encontrados para o estoque de carbono na biomassa acima do solo desta tipologia florestal em estágio inicial de desenvolvimento estão dentro da faixa esperada.

Palavras-chave: Floresta Atlântica, sequestro de carbono, restauração florestal, conservação.

Abstract

CARBON STOCK IN PASTURE AREA RESTORED WITH FOREST SPECIES FROM THE ATLANTIC FOREST BIOME ON THE COAST OF PARANÁ

This study aimed to quantify the above ground carbon stock in different restoration sample plots and evaluate which species are more effective on carbon accumulation. The study was carried out at the Guaricica Private Natural Heritage Preserve, own by the Society for Wildlife Research and Environmental Education (SPVS), municipality of Antonina, State of Paraná. The restoration took place in 2005, at a floodplain-restored pasture. The statistical delineation used was randomized blocks with 0.3 ha sample plots and three repetitions. The species used are *Senna multijuga* (aleluia); *Myrsine coriacea* (capororoca); *Schizolobium parahyba* (guapuruvu); *Inga marginata* (ingá-feijão), *Inga edulis* (ingá-vermelho) and *Cytherexylum myrianthum* (jacataúva). The seedlings were planted in a 2.5 m X 1.6 m spacing. The study had four treatments with different species proportion. All living trees were evaluated by height (H, in meters) measured with a reference rod, and circumference at breast height (CBH, in cm) measured with a tape measure. The above ground biomass was calculated and converted to carbon mass. The treatment averages were compared by analysis of variance. There were no significant differences between treatments for carbon stocks. Each species had a different influence at the total carbon stock. The species with the highest contribution was the *Inga edulis* with an average on 22.28 kg of carbon per tree, while the *Schizolobium parahyba* was the one that contributed the least with an average of 2.5 kg of carbon per tree. Comparing with similar studies carried out in the region, the results found for carbon stock in above ground biomass of this early-stage forest typology are within the expected range.

Keywords: Atlantic Forest, carbon sequestration, forest restoration, conservation.

INTRODUÇÃO

Atualmente, é reconhecido pela comunidade científica e organizações da sociedade civil nacionais e internacionais que as florestas exercem um papel fundamental na redução da concentração de CO₂ na atmosfera, e que a recuperação e conservação das mesmas é uma forma válida e legítima para mitigar os efeitos do

aquecimento global (BRITEZ et al. 2006). A biomassa das florestas é bastante relevante para assuntos relacionados às mudanças climáticas, sendo que os valores quantificados na biomassa produzida podem ser utilizados para medir a quantidade de carbono sequestrado, pois cerca de 50% desta é composta por carbono (BROWN, 1997).

As mudanças climáticas têm ficado cada vez mais em evidência nos últimos anos. Segundo o IPCC (2014), a influência humana sobre o sistema climático é clara, e as recentes emissões antrópicas de gases de efeito estufa são as mais altas da história. As recentes mudanças climáticas tiveram impactos generalizados sobre os sistemas humanos e naturais (IPCC, 2014).

Em dezembro de 2015, durante a Conferência do Clima de Paris (COP 21), o Brasil assinou o Acordo de Paris, pacto global onde o compromisso dos países signatários é manter o aumento da temperatura média global em menos de 2°C acima dos níveis pré-industriais, e fazer um esforço para ir além: limitar essa elevação da temperatura a 1,5°C (PLANALTO, 2016). Os governos definiram os próprios compromissos de redução de emissões de poluentes, chamadas de Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDC, Nationally Determined Contribution). Recentemente, entre os compromissos ratificados (setembro de 2016) no Congresso Nacional estão a diminuição da emissão de Gases do Efeito Estufa (GEE) em 37% abaixo dos níveis em 2005 até 2025, a restauração de 12 milhões de hectares de florestas até 2030, 45% da matriz energética renovável até 2030 e fim do desmatamento ilegal na Amazônia, até 2030 (FEDERATIVE REPUBLIC OF BRAZIL, 2015).

O bioma Mata Atlântica, objeto deste estudo, é o mais degradado do país, restando apenas 11,7% da sua cobertura original, o qual cobria 150 milhões de hectares (RIBEIRO et al., 2009). A maior parte dos remanescentes é composta de pequenos fragmentos (<100 ha; RIBEIRO et al., 2009). A Serra do Mar, localizada no sul do país, é um dos maiores remanescentes de vegetação nativa da Mata Atlântica no Brasil, porém as áreas de planície aluvial sofreram com a pressão antrópica histórica por mais de 400 anos. Essas áreas foram extensivamente utilizadas para pastagem e agricultura, cujo uso promoveu extenso passivo ambiental em áreas similares na Mata Atlântica (BRITEZ et al. 2006).

A SPVS (Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental), uma instituição do terceiro setor fundada em 1984 com sede em Curitiba-PR, em parceria com a TNC (The Nature Conservancy), General Motors, American Electric Power e Chevron Texaco, implementou a partir de 1999 três projetos (Reservas Naturais) no litoral do Paraná. As Reservas, que abrangem uma área de 18.600 hectares, fazem parte de um projeto de MDL (Mecanismo de Desenvolvimento Limpo) que, além de mitigar os efeitos das mudanças climáticas por estoque e fixação de carbono, também protege a biodiversidade, os solos, a água e promove o desenvolvimento sustentável da região (FERRETTI & BRITEZ, 2006).

Os principais objetivos do projeto das reservas são proteger e restaurar o equilíbrio ecológico e a biodiversidade no local, estabelecer modelos para o uso adequado de recursos na Área de Proteção Ambiental (APA) de Guaraqueçaba e gerar sumidouros de carbono que sejam reais, mensuráveis e que possam ser verificados (TIEPOLO et al., 2002). Para tanto, os projetos da SPVS visam desenvolver modelos de restauração que possam ser replicados e/ou adaptados para outras áreas de floresta tropical similar (FERRETTI & BRITEZ, 2006).

Para conectar os fragmentos de florestas é necessário restaurar os ambientes, entende-se como restauração a intervenção no ambiente de diferentes formas, que permita o retorno das áreas degradadas à condição de composição e funcionamento mais próximo ao que este tinha originalmente antes da perturbação ter sido realizada (COTARELLI et al., 2008). Os esforços para se compreender melhor como a conservação, o manejo e a restauração da Mata Atlântica funcionam, são essenciais para pavimentar as discussões científicas tanto no âmbito das mudanças climáticas como na conservação da natureza (VIEIRA et al., 2008).

Dados sobre o estoque de carbono em áreas em restauração são essenciais para pautar as discussões acerca da sua contribuição para a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas. Muitas opções de projetos de adaptação e mitigação podem ajudar a enfrentar as mudanças climáticas, mas nenhuma única opção é suficiente por si só. A implementação efetiva depende de políticas e a cooperação em todas as escalas e pode ser reforçada através de iniciativas que conectem esse tema com outros objetivos sociais (IPCC, 2014).

Diante do exposto, esse trabalho teve como objetivo quantificar o estoque de carbono acumulado acima do solo em talhões com diferentes composições de espécies em ambiente de Floresta Ombrófila Mista aluvial e avaliar quais de suas espécies componentes são mais eficientes no carbono sequestrado.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi baseado no monitoramento e coleta de dados em um experimento de restauração florestal implantado em 2005 em área da Reserva da Guaricica, localizada no município de Antonina, litoral do estado do Paraná, pertencente a SPVS, em parceria com a Embrapa Florestas, dentro do projeto denominado “Desenvolvimento de Modelos de Restauração da Mata Atlântica no Sul do Brasil”. O projeto teve como objetivo testar diferentes modelos de talhões facilitadores destinados a restauração de pastagem abandonadas mediante o uso de espécies florestais.

A Reserva da Guaricica tem área de 8.600,32 ha e seus pontos extremos têm como coordenadas geográficas as Latitudes 25°24' - 25°41' - Sul e as Longitudes de 48°64' - 48°74' - Oeste (SPVS, 2012). Está localizada na Área de Proteção Ambiental (APA) de Guaraqueçaba. O clima na região é o subtropical úmido (Cfa na classificação climática de Köppen) com temperatura média anual de 20,5°C (média máxima de 26,2°C; média mínima 16,5°C) e precipitação anual média de 2587 mm (FERRETTI & BRITZ, 2006; IAPAR, 2016). Os solos da área de estudo são da classe dos Gleissolos Hápticos, que se caracterizam por permanecerem periodicamente saturados por água e a vegetação original se caracterizava como Floresta Ombrófila Densa aluvial (SPVS, 2012). Na época de instalação do experimento a área estava degradada por pastagens, *Brachiaria spp.*

O delineamento estatístico usado foi de blocos ao acaso com parcelas de 3.000 m² (0,3 ha) e três repetições. As espécies foram plantadas no espaçamento de 2,5 m na entrelinha e 1,6 m na linha (4 m²/planta). Os tratamentos foram constituídos por diferentes talhões facilitadores, conforme descritos na Tabela 1, cujo objetivo era conduzir da forma mais eficiente a restauração destas áreas por meio de diferentes composições de espécies. A área total do experimento é de 3,6 ha.

Tabela 1. Espécies utilizadas em plantio misto e sua proporção em cada Tratamento.

Espécie	Tratamento 1	Tratamento 2	Tratamento 3	Tratamento 4
<i>Senna multijuga</i> (L.C. Richard) H.S. Irwin & Barneby	16,7%	20,0%	25,0%	33,3%
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. Ex Roem. Schult.	16,7%	10,0%	12,5%	8,3%
<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) Blake	16,7%	10,0%	12,5%	8,3%
<i>Inga marginata</i> Willd.	16,7%	20,0%	12,5%	8,3%
<i>Inga edulis</i> Mart.	16,7%	20,0%	25,0%	33,3%
<i>Citharexylum myrianthum</i> Cham.	16,7%	20,0%	12,5%	8,3%

As espécies *I. edulis* e *S. multijuga* foram selecionadas em maior quantidade devido às suas características de crescimento rápido e sombreamento, importantes para a supressão da *Brachiaria spp.*, possibilitando o desenvolvimento das demais espécies. As Figuras 1 e 2 referem-se, respectivamente, à localização da área usada na Reserva da Guaricica e ao croqui das distribuições dos tratamentos/blocos, com suas respectivas dimensões. Após a implantação, houve a manutenção das mudas com limpezas frequentes por três anos.

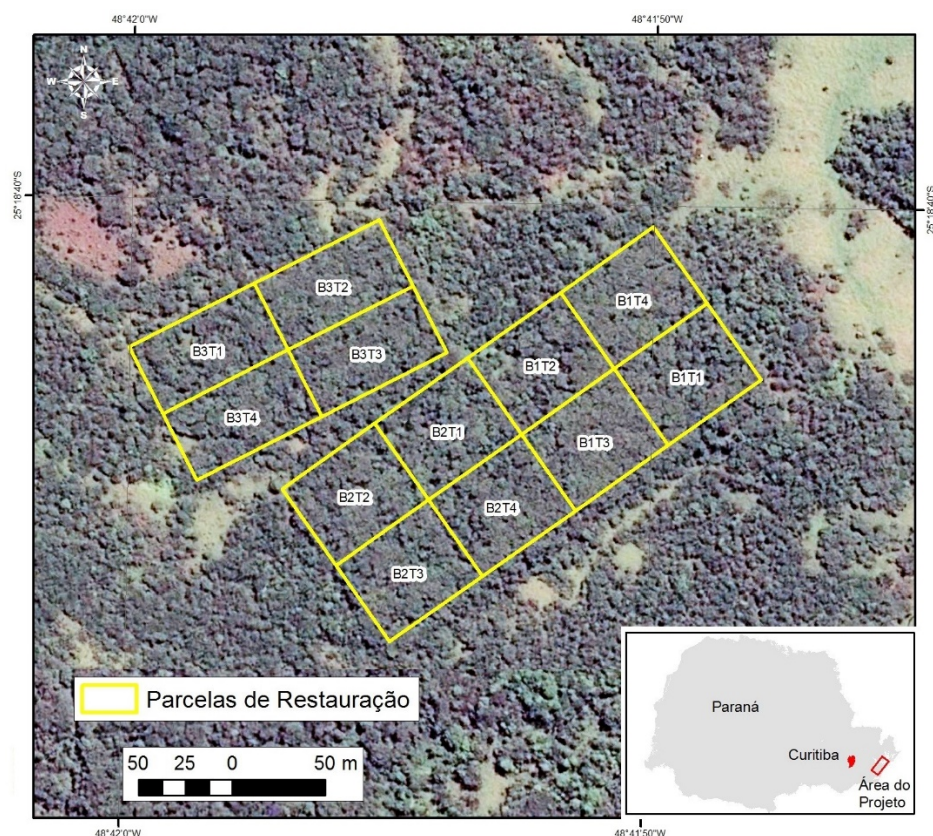


Figura 1. Localização e posicionamento do experimento na Reserva da Guaricica, Antonina - PR.

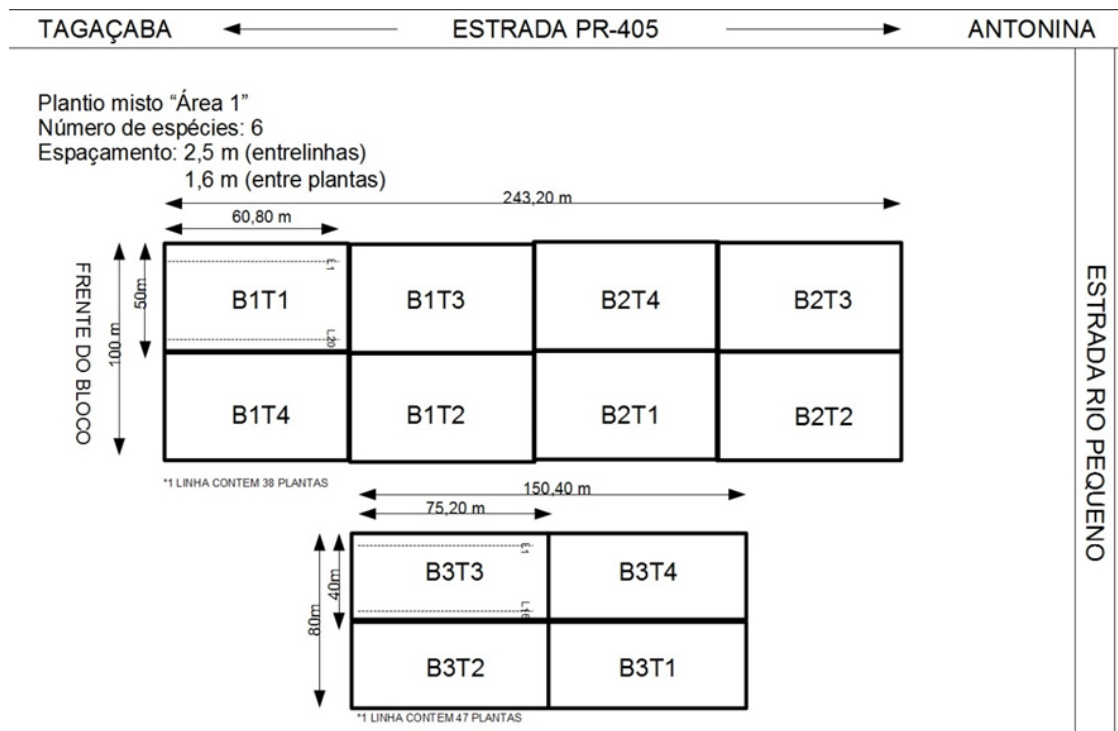


Figura 2. Croqui com a distribuição dos blocos e tratamentos com suas respectivas dimensões.

A coleta de dados ocorreu entre janeiro de 2016 e agosto do mesmo ano. Foram avaliadas todas as árvores vivas plantadas no experimento sendo medidas a altura (H, em m) e circunferência à altura do peito (CAP, em cm). Para a medição das alturas foi utilizada uma haste de madeira de comprimento conhecido como referência e para a medição das circunferências foi utilizada uma fita métrica com escala em centímetros. Os dados foram processados em uma planilha e tratados para obtenção dos resultados. Os dados de CAP foram transformados em diâmetro à altura do peito (DAP, em cm). Devido à grande quantidade de árvores com dois ou mais fustes, foi utilizada equação própria para obtenção dos diâmetros equivalentes (Equação 1).

$$DAP_{equivalente} = \sqrt{\sum_{i=1}^n gi^2} \quad [1]$$

Onde,

$$gi = \frac{\pi \cdot DAP_i^2}{4} \quad [2]$$

Os dados de massa específica para cada espécie foram obtidos a partir do estudo realizado por SHIMAMOTO (2014), que coletou amostras de 61 árvores das quais 33 incluíam: *S. multijuga*; *M. coriacea*; *S. parahyba*; *I. marginata* e *C. myrianthum*. Apenas a densidade (ρ em g/cm³) do *I. edulis*, foi obtida com base na literatura (ZANNE et al., 2013). Biomassa é definida como a matéria orgânica viva total acima do solo em árvores, expressa em toneladas de matéria seca por unidade de área (BROWN, 1997).

Equações alométricas são um método indireto para estimativa de biomassa obtidas a partir da mensuração destrutivas de árvores (BROWN 1997, CHAVE et al. 2005). Esses métodos relacionam a biomassa seca das árvores com variáveis dendrométricas como DAP, altura total e densidade (VIEIRA et al., 2008).

Para este estudo, foi selecionada a equação alométrica (Equação 3) desenvolvida por CHAVE et. al (2005). Está fórmula oferece dados para comparação por ter sido usada por SHIMAMOTO (2014) também em estudos de restauração na região. HENRY et. al (2010) indicou esta equação como a mais precisa por incluir três variáveis, DAP (cm), H(m) e ρ (g/cm³), especialmente a densidade, que minimiza erros relacionados à espécie. A maioria das equações inclui apenas uma ou duas variáveis pela praticidade na hora da coleta de dados (VIEIRA et al., 2008).

$$AGB = e^{(-2,977 + \ln(\rho \cdot DAP^2 \cdot H))} \quad [3]$$

Com esta fórmula foi possível obter o valor de AGB (above ground biomass) em kg de biomassa acima do solo atualmente em todo o experimento para as árvores que foram plantadas inicialmente na restauração. Estes valores foram então somados e foi extraída a média dos blocos para cada tratamento.

Para conversão dos valores de biomassa (ton) para carbono (ton) alguns modelos foram sugeridos. Estudos recentes mostram que o teor de carbono na parte aérea das plantas varia bastante de espécie para espécie, logo, para resultados mais precisos, é mais interessante fazer a análise para cada uma separadamente (WATZLAWICK et al., 2011; DA SILVA et al., 2014). Por outro lado, o IPCC (2006) sugere a utilização de um valor base para o teor de carbono do AGB de 47% (ANDREAE AND MERLET, 2001; CHAMBERS et al., 2001; LASCO AND PULHIN, 2003). Como no presente estudo o teor de carbono para as espécies utilizadas na restauração não foi mensurado, optou-se por utilizar o fator de conversão sugerido pelo IPCC (2006). Após a coleta e o processamento dos dados, foi possível realizar análises estatísticas, comparando-se as médias dos tratamentos e também avaliar o desempenho por espécie. Com o objetivo de correlacionar a mortalidade das árvores plantadas com o acúmulo de carbono nos tratamentos, foi obtido um valor médio para a contribuição (kg/ha) por indivíduo em cada Tratamento (Tabela 4). Para cada tratamento foram plantados 2.276 indivíduos divididos nos três blocos. De forma complementar, foi analisada a contribuição por indivíduo de cada espécie no acúmulo geral de carbono (Tabela 5). O número de indivíduos plantados variou bastante entre tratamentos (Tabela 1), desta forma, para comparar a acúmulo de carbono por indivíduo vivo de cada espécie foi feita uma média de carbono por indivíduo (kg/N).

RESULTADOS

Foram amostradas 3.326 árvores (vivas) em todo o experimento de um total de 9.104 árvores plantadas. Os valores obtidos de carbono por tratamento expressos em toneladas de carbono por hectare são apresentados na Tabela 2. Os desvios de cada tratamento mostram que as variações entre repetições foram maiores nos tratamentos 1 e 4.

Tabela 2. Valores de carbono por hectare (ton/ha) discriminados por bloco e por tratamento, com as respectivas médias e desvio padrão.

Tratamentos	BLOCO 1 (ton/ha)	BLOCO 2 (ton/ha)	BLOCO 3 (ton/ha)	Médias (ton/ha)	Desvio Padrão (ton/ha)
Tratamento 1	12,80	12,13	6,86	10,60	3,25
Tratamento 2	9,59	9,90	12,96	10,82	1,86
Tratamento 3	11,28	12,48	14,75	12,84	1,76
Tratamento 4	12,49	14,12	7,20	11,27	3,62

Com o objetivo de comparar o desempenho dos tratamentos em termos de eficiência para fixação de carbono, a Tabela 3 apresenta a Análise de Variância (ANOVA) realizada para o estudo. Como o valor de F tabelado (da distribuição F de Fisher-Snedecor ao nível de 5% de probabilidade) é superior ao valor de F calculado (ou crítico), podemos concluir que as médias são estatisticamente iguais. Ou seja, não houve diferença significativa entre as médias para os tratamentos.

Tabela 3. Análise de variância das médias dos tratamentos. Soma dos quadrados (SQ), Graus de liberdade (GL), Quadrado médio (QM) e valores de F crítico e F tabelado.

ANOVA					
Fonte da variação	SQ	GL	QM	F crítico	F tabelado
Entre grupos	9,192	3	3,064	4,066	8,763
Dentro dos grupos	60,484	8	7,561		
Total	69,677	11			

Analisando o desempenho das espécies trabalhadas na Figura 3, merece destaque a quantidade de carbono acumulada pelo *I. edulis*, seguida pelas acumuladas pela *M. coriacea* e *C. myrianthum*. As espécies que apresentaram menores quantidades de carbono acumulado foram a *S. multijuga*, *S. parahyba* e *I. marginata*.

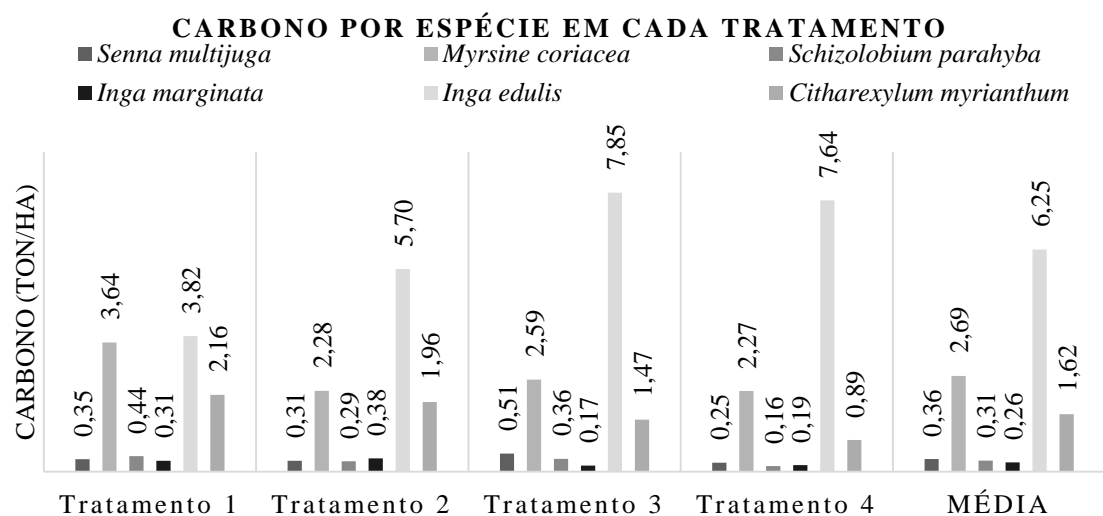


Figura 3. Acumulo de carbono (ton/ha) por espécie em cada tratamento.

O tratamento 4 foi o que apresentou menor sobrevivência. O tratamento 1 apresentou a maior sobrevivência. Por outro lado, o tratamento 4 foi onde os indivíduos mais se desenvolveram em média e o tratamento 1 em que menos se desenvolveram. Vale notar que, diferente da tendência anterior, o tratamento 3 teve ao mesmo tempo uma alta sobrevivência e uma maior contribuição por indivíduo.

Tabela 4. Análise do carbono total estocado (ton), número de indivíduos vivos (N) e contribuição por indivíduo vivo (kg/N) para cada tratamento.

Tratamentos	Área (ha)	Carbono (ton)	N	Carbono (kg/N)
Tratamento 1	0,90	9,64	915	10,54
Tratamento 2	0,90	9,82	838	11,72
Tratamento 3	0,90	11,66	877	13,30
Tratamento 4	0,90	10,26	696	14,74

Após 10 anos, o *I. edulis* domina o experimento em número de indivíduos vivos, seguido por *M. coriacea* e *C. myrianthum*. *S. multijuga* e *I. marginata* apresentaram as menores sobrevivências. O *I. edulis* apresentou maior número de indivíduos e também foi o a espécie que mais contribuiu por indivíduo no estoque de carbono. *S. parahyba* foi o que menos contribuiu. Os poucos indivíduos restantes de *S. multijuga* contribuíram de forma expressiva individualmente.

Tabela 5. Valores totais para cada espécie (ton), sua sobrevivência (N) e contribuição por indivíduo (kg/N).

Espécie	Família	N	Carbono (ton)	Carbono (kg/N)
<i>Senna multijuga</i>	Fabaceae	203	1,28	6,32
<i>Myrsine coriacea</i>	Primulaceae	707	9,70	13,72
<i>Schizolobium parahyba</i>	Fabaceae	452	1,13	2,50
<i>Inga marginata</i>	Fabaceae	265	0,94	3,54
<i>Inga edulis</i>	Fabaceae	1010	22,50	22,28
<i>Citharexylum myrianthum</i>	Verbenaceae	689	5,85	8,49

DISCUSSÃO

Utilizando a fórmula para “Wet Forests” (BROWN, 1997), TIEPOLO et al. (2002) encontrou estimativas de valores de carbono para seis diferentes estratos florestais adultos na Reserva do Papagaio (município de Guaraqueçaba-PR), além de valores para pastagens e áreas predominantemente arbustivas. O valor encontrado para as florestas na planície aluvial foi de 43,96 ton/ha e de 21,24 ton/ha para florestas secundárias em estágio inicial. O valor de carbono para as áreas de pastagem foi de 2,4 ton/ha e para as áreas arbustivas de 7,4 ton/ha (TIEPOLO et al. 2002; FERRETTI et al. 2006).

Oito anos depois, novo estudo foi conduzido, agora na Reserva da Guaricica. SPVS (2010) utilizou a fórmula de BROWN (1997) para “Moist Forests”, revisada por PENMAN et al. (2003). O valor obtido de carbono para áreas em estágio secundário inicial em gleissolo, na planície aluvial, foi de 67,2 ton/ha.

Recentemente, o estudo de SHIMAMOTO et al. (2014) conduzido na mesma região, com espécies similares, obteve uma amplitude de 16,6-153,7 ton/ha para áreas de restauração entre 7 e 20 anos.

Os valores médios de carbono por hectare nos tratamentos (Tabela 2) estão abaixo dos valores encontrados na literatura. O fator mais importante para este resultado é a idade do plantio, de apenas dez anos, caracterizando uma restauração jovem. Além disso, neste estudo foram consideradas apenas as árvores plantadas, logo uma grande parcela do carbono na forma da regeneração natural deixou de ser contabilizada. Como a biomassa está relacionada com a idade da floresta e o grupo ecológico das espécies, o acúmulo de biomassa em um projeto de restauração pode variar bastante dependendo das proporções de espécies de crescimento rápido ou lento (SHIMAMOTO et al. 2014).

As áreas de planície aluvial apresentam sítios com solos com uma condição maior de umidade que limitam o desenvolvimento de certas espécies (TIEPOLO et al., 2002) o que influenciou no crescimento principalmente do *S. parahyba* e do *I. marginata* neste estudo. A Floresta Ombrófila Densa Aluvial, apresenta como característica níveis elevados de umidade no solo (Gleissolo), onde no período do verão, de maior intensidade de chuvas, estas áreas ficam alagadas. Esta tipologia florestal foi muito pouco estudada, já que a mesma é a mais degradada do litoral paraense (ZACARIAS et al., 2012).

A dinâmica em termos de carbono (ton/ha) para os diferentes tratamentos mostrou que não há diferença significativa entre eles por meio do teste F. Desta forma, as variações propostas pelas porcentagens de espécies plantadas não influenciam de forma significativa o acúmulo de carbono realizado pelo plantio após dez anos. Os altos desvios dos tratamentos 1 e 4 em comparação com os outros dois tratamentos pode ser explicado pela situação do bloco 3. Neste local, os tratamentos foram instalados onde o lençol freático estava muito mais próximo à superfície do que no resto do experimento e a mortalidade de indivíduos foi maior que o normal.

Com relação às espécies utilizadas, é interessante traçar um paralelo entre a quantidade de carbono estocado por espécie em cada tratamento com a porcentagem de indivíduos de cada espécie que foi plantado inicialmente. O número de indivíduos plantados por espécie teve influência nas contribuições no estoque de carbono final para cada tratamento. O *I. edulis* foi o que melhor se desenvolveu em comparação com as outras espécies e sua contribuição foi diretamente proporcional ao número de indivíduos plantados. Outra espécie que teve importante papel neste quesito foi a *M. coriacea*. Além de se desenvolver bem, teve uma grande sobrevivência e contribuiu consideravelmente com o estoque de carbono, apesar de ter sido plantada em menor quantidade em comparação com o *I. edulis*. O *C. myrianthum* foi plantado em maior número que a *M. coriacea*, mas sua contribuição com o estoque de carbono foi inferior. O *I. edulis* e o *S. parahyba* tiveram baixa contribuição com o estoque de carbono tanto em relação à sua mortalidade quanto ao crescimento. Foram espécies que sofreram com o sítio e também com a competição.

A *S. multijuga* apresentou valores baixos devido à alta mortalidade, que chegou à quase totalidade no bloco 1. Esta espécie está saindo do sistema, pois possui ciclo de vida curto. Nos primeiros anos devido ao seu crescimento rápido conseguiu competir por luz com as demais, mas a partir do momento que iniciou o seu sombreamento, o ambiente não se tornou propício a seu desenvolvimento. Em toda a área existiam resquícios de grandes indivíduos de aleluia mortos. Estes resultados são compatíveis com os encontrados por COTARELLI et al. (2008), que avaliou o desenvolvimento das mesmas espécies em plantios puros na mesma área. Segundo o autor, a inundação do solo foi o fator que parece mais ter influenciado no crescimento das plantas, sendo o *I. edulis* e a *M. coriacea* os mais adaptados e a *S. multijuga* a que mais sofreu.

CONCLUSÕES

Os resultados encontrados para o total de carbono acumulado na biomassa desta tipologia florestal em estágio inicial de desenvolvimento estão dentro da faixa esperada. O *I. edulis* teve a maior contribuição no acúmulo de carbono na área, seguido pela *M. coriacea* e pela *C. myrianthum*. Sugere-se que estudos posteriores avaliem também a biomassa da regeneração natural, bem como outras medidas para se estimar o carbono total da área, como por exemplo, contabilizar galhos e outras biomassas mortas acima do solo. Podem ser realizadas também medidas das concentrações de carbono em cada uma das espécies utilizadas, tornando os resultados mais precisos.

AGRADECIMENTOS

Este projeto é fruto de mais de um ano de planejamento junto a colegas e mentores. Gostaria de agradecer primeiramente ao Ricardo Britez por ter visto esta oportunidade e nos apresentado aos pesquisadores Antonio Carpanezzi e ao Edinelson Neves, que gentilmente permitiram nossa participação neste estudo. Ao Professor Alessandro Camargo Angelo pelo acompanhamento e valiosas orientações durante todo o processo. Aos colegas de curso Augusto Borges, Eduardo Mattar e Luiz Schaffer, pela parceria, principalmente nas muitas viagens para coleta de dados. As dificuldades do campo são amenizadas com boas companhias. Um agradecimento mais do que especial a toda a equipe da SPVS que nos auxiliou com tanta disposição durante todo o processo. Reginaldo Ferreira pela disponibilidade e coordenação, João Carlos Pontes por sempre nos receber de forma tão atenciosa e aos irmãos Jandir, Toninho e Vando pela supervisão e valiosa ajuda nas horas mais difíceis de campo. Obrigado ao colega Marlon Prestes pelo mapa produzido especialmente para este estudo. Finalmente, obrigado aos revisores

voluntários deste artigo, Betina Ortiz Bruel, Fernando Esteban Montero e, especialmente, meus pais Clovis e Monica Borges, sua contribuição e apoio transcendem (e muito) estas linhas.

REFERÊNCIAS

- ANDREAE, M.O. AND MERLET, P., 2001. **Emission of trace gases and aerosols from biomass burning**. *Global Biogeochemical Cycles* 15: 955-966.
- BRITEZ, R.M., BORGO, M., TIEPOLO, G., FERRETTI, A., CALMON, M., HIGA, R., 2006. **Estoque e incremento de carbono em florestas e povoamentos de espécies arbóreas com ênfase na floresta atlântica do sul do Brasil**. Colombo, Embrapa Florestas, 2006. 165p.
- BROWN, S., 1997. **Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a primer**. FAO Forestry Paper 134, Rome, Italy.
- CHAMBERS, J.Q., DOS SANTOS, J., RIBEIRO, R.J., AND HIGUCHI, N., 2001a. **Tree damage, allometric relationships, and above-ground net primary production in a tropical forest**. *Forest Ecology and Management* 152: 73- 84.
- CHAVE, J., ANDALO, C., BROWN, S., CAIRS, M.A., CHAMBERS, J.Q., EAMUS, D., FOLSTER, H., FROMARD, F., HIGUCHI, N., KIRA, T., LESCURE, J.P., NELSON, B.W., OGAWA, H., PUIG, H., RIÉRA, B., YAMAKURA, T., 2005. **Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests**. *Oecologia* 145, 87-99.
- COTARELLI, V.M.; NEVES, E.J. M.; CARPANEZZI, A.A.; SEOANE, C.E.; BRITEZ, R.M., 2008. **Comportamento de cinco espécies arbóreas nativas da Mata Atlântica na restauração de áreas degradadas por pastagens em relevo de planície do litoral do Paraná, Brasil**. Simpósio nacional recuperação de áreas degradadas, 2008, Curitiba. p. 147-162.
- DA SILVA, S.A., CORTE, A.P.D., SANQUETTA, C.R.; RODRIGUES, A.L., BARRETO, T.G., 2014. **Teores de carbono médios para compartimentos e espécies florestais**. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia*, v.10, n.19; p. 2990.
- FEDERATIVE REPUBLIC OF BRAZIL, 2015. **Intended Nationally Determined Contribution, United Nations Framework Convention On Climate Change (UNFCCC)**. September 28, 2015. Consultado em 15 de outubro de 2016. Disponível em: <<http://www4.unfccc.int/submissions/INDC/Published%20Documents/Brazil/1/BRAZIL%20iNDC%20english%20FINAL.pdf>>.
- FERRETTI, A. R., BRITEZ, R. M., 2006. **Ecological restoration carbon sequestration and biodiversity conservation: the experience of the Society for Wildlife Research and Environmental Education (SPVS) in the Atlantic Rain Forest of Southern Brazil**. *J. Nat. Conserv.* 14, 249-259.
- HENRY, M., BESNARD, A., ASANTE, W.A., ESHUN, J., ADU-BREDU, S., VALENTINI, R., BERNOUX, M., SAINT-ANDRÉ, L., 2010. **Wood density, phytomass variations within and among trees, and allometric equations in a tropical rainforest of Africa**. *Forest Ecol. Manage.* 260, 1375-1388.
- IAPAR, **Médias históricas em estações do IAPAR**. Base de dados. Consultado em 20 de outubro de 2016. Disponível em: <http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias_Historicas/Antonina.htm>.
- IPCC, 2006. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme**, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan. Hiraishi T., Krug, T., Kruger D., Pipatti R., Buendia L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K., Wagner F. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/IGES, Hayama, Japan.
- IPCC, 2014: **Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- LASCO, R.D., PULHIN, F.B., 2003. **Philippine forest ecosystems and climate change: Carbon stocks, rate of sequestration and the Kyoto Protocol**. *Annals of Tropical Research* 25: 37-51.
- PENMAN, J., GYTARSKY, M., HIRAISHI, T., KRUG, T., KRUGER, D., PIPATTI, R., BUENDIA, L., MIWA, K., NGARA, T., TANABE, K., WAGNER, F. **Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry**. The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2003.

PLANALTO, 2016. **Saiba o que é o Acordo de Paris, ratificado pelo governo nesta segunda-feira.** Consultado em 03 de novembro de 2016. Disponível em: <http://www2.planalto.gov.br/acompanhe-planalto/noticias/2016/09/saiba-o-que-e-o-acordo-de-paris-ratificado-pelo-governo-nesta-segunda-feira>.

RIBEIRO M. C. et al., 2009. **Brazilian Atlantic forest: how much is left and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation.** Biological Conservation, 142:1141-1153.

SHIMAMOTO, C. Y., BOTOSSO, P. C., MARQUES, M. C. M., 2014. **How much carbon is sequestered during the restoration of tropical forests? Estimates from tree species in the Brazilian Atlantic forest.** Forest Ecology and Management. 329, 1-9.

SPVS – Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental, 2010. **Carbon inventory analysis of the Atlantic Rainforest Restoration Project.** Relatório técnico interno. Curitiba, 2010. 22p.

SPVS - Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental, 2012. **Revisão dos planos de manejo das Reservas Naturais Morro da Mina, Rio Cachoeira e Serra Itaquí – Paraná. 2012.** Consultado em 03 de outubro de 2016. Disponível em: < http://www.spvs.org.br/wp-content/uploads/downloads/2016/01/PLANO_MANEJO_RESERVAS_NATURAIS_SPVS-1.pdf>.

TIEPOLO, G.M., CALMON, M., FERRETTI, A.R., 2002. **Measuring and monitoring carbon stocks at the Guaraqueçaba climate action project, Paraná, Brazil. In: International Symposium on Forest Carbon Sequestration and Monitoring, 2002, Taipei, Taiwan.** Anais, Taipei, Taiwan Forestry Research Institute, Taipei, pp. 98–115.

VIEIRA, S.A., ALVES, L.F., AIDAR, M.P.M., ARAÚJO, L.S., BAKER, T., BATISTA, J.L.F., CAMPOS, M.C.R., CAMARGO, P.B., CHAVE, J., DELITTI, W.B., HIGUCHI, N., HONÓRIO, E., JOLY, C.A., KELLER, M., MARTINELLI, L.A., DE MATTOS, E.A., METZKER, T., PHILLIPS, O., SANTOS, F.A.M., SHIMABUKURO, M.T., SILVEIRA, M. & TRUMBORE, S.E. 2008. **Estimation of biomass and carbon stocks: the case of the Atlantic Forest.** Biota Neotrop. 8(2): <http://www.biotaneotropica.org.br/v8n2/en/abstract?point-of-view+bn00108022008>.

WATZLAWICK, L.F., EBLING, A.A., RODRIGUES, A.L., VERES, Q.S.I., LIMA, A.M., 2011. **Variação nos Teores de Carbono Orgânico em Espécies Arbóreas da Floresta Ombrófila Mista.** Floresta e Ambiente, 2011 jul./set.; 18(3):248-258.

ZACARIAS, R.R., BRITZ, R.M., GALVÃO, F., BOEGER, M.R.T., 2012. **Fitossociologia de dois trechos de Floresta Ombrófila Densa Aluvial em solos hidromórficos, Paraná, Brasil.** Floresta, v. 42, n. 4, p. 769-782.

ZANNE, A.E., LOPEZ-GONZALEZ, G., COOMES, D.A., ILIC, J., JANSEN, S., LEWIS, S.L., MILLER, R.B., SWENSON, N.G., WIEMANN, M.C., CHAVE, J., 2013. **Global wood density database 2009.** URL: < <http://dx.doi.org/10.5061/dryad.234> >.